氏　　　　名	加藤修三（かとう しゅうぞう）
授与学位	工学博士
学位授与年月日	昭和52年3月25日
学位授与の根拠法規	学位規則第5条第1項
研究科，専攻の名称	東北大学大学院工学研究科 （博士課程）電気及通信工学専攻
学位論文題目	**高域通過形分布結合回路の構成に関する研究**
指導教官	東北大学教授　佐藤利三郎
論文審査委員	東北大学教授　佐藤利三郎　東北大学教授　星子　幸男 東北大学教授　斎藤　伸自　東北大学助教授　長沢　庸二

論文内容要旨

第1章　緒　論

従来より研究されている従続接続を含まない1／4波長結合形回路は直流に1位あるいは3位の減衰極しか有せず，阻止域を波状特性とすることは出来なかった。またその設計理論は必らずしも統一的ではなく，近似的方法が多かった。

本論文では阻止域波状特性を有する従続接続を含まない高域通過形1／4波長結合フィルタがストリップ線路状に構成出来ることを示し，その合成理論を確立する。また従来より研究されている1／4波長結合回路（半波長結合形，インターディジタル形，ヘアペンライン形回路）については動作減衰量よりの統一的設計法について述べる。いずれの結合形回路の場合にもRichardsの変数 p（$= j\tan\beta\ell$, β: 位相定数, ℓ：線路の物理長）を周波数とする等価回路の必要十分条件を論ずることにより exact design を行う。

第２章　単純短絡枝回路

直流に１位の減衰極を有する分布結合回路（先端短絡（開放）半波長結合形，先端短絡インターディジタル形，先端短絡（開放）ヘアピンライン形回路）の伝送特性が単純短絡枝回路のそれに等しいことより，単純単絡枝回路の特性について述べている。この回路の必要十分条件は従来より論じられているが，高域通過形回路である為に複雑な条件となっていた。そこで入出力抵抗が等しくかつ伝送特性が平担一平担特性の場合には簡単化されることを示し，フイルタ仕様と回路次数等の対応関係を明らかにしている（定理１）。

定理１　平担一平担特性を有する単純短絡枝回路（R－R回路）の動作伝送係数 $S(p)$ の必要十分条件は

(i)　$S(p)=\dfrac{H(p)}{p(1-p^2)^{N/2}}$　　但し $H(p)$ は（N+1）次のフルビッツ多項式

(ii)　$S(p)\,S(-p)|_{p=j\omega}\ \geq 1$

を満すことである（但し特性関数の分子は定数）。

また入出力抵抗が等しくない場合には回路次数決定の為の特性図を与え，特性近似より得られた関数が合成不可能な場合にも昇次により必らず合成可能な関数と出来ることを示している。

第３章　入出力端に直列単純開放枝素子を伴う単純短絡枝回路

先端開放インターディジタル形回路の等価回路が入出力端に直列単純開放枝素子を伴った単純短絡枝回路となることより（第５章），そのような直流に３位の減衰極を有する高域通過形分布定数回路の必要十分条件について述べている（定理２）。

定理２　入出力端に直列単純開放枝素子を伴う単純短絡枝回路の動作伝送係数 $S(p)$ の必要十分条件は

(i)　$S(p)=\dfrac{H(p)}{p^3(1-p^2)^{N/2}}$　　但し $H(p)$ は（N＋３）次のフルビッツ多項式

(ii)　$S(p)\,S(-p)|_{p=j\omega}\ \geq 1$

(iii)　$\begin{cases} m(p)=H(p)-F(p) \\ n(p)=H(p)+F(p) \end{cases}$　　但し
$F(p)F(-p)=H(p)H(-p)+p^6(1-p^2)^N$
$F(0)=H(0)$

なる $m(p)$, $n(p)$ を考え $m(p)$ の i 次数の係数を m_i，$n(p)$ の j 次項の係数を n_j とすれば

$$n_3-\frac{n_1\cdot m_4}{m_2}>\frac{1}{k}>\frac{1}{m_3-\dfrac{m_1\cdot m_4}{m_2}}$$

を満たすことである。(但し$k=\sqrt{R_1/R_2}$, R_1, R_2は入，出力抵抗)

また分布結合回路で実現する場合には入出力端に変成器を有して良いことから，上述の回路に変成器を従続接続した場合の簡単化された必要十分条件についても述べている。

第4章　直流及び有限周波数に減衰極を有する分布定数回路

阻止域波状特性を有する高域通過形分布定数回路として直流に1位，有限周波数及び$p=\pm 1$に適当な個数の減衰極を有する回路（図1(c)）の必要条件及び十分条件について述べている。

必要条件は従続行列Fが(1)のように表わされることである。

$$F=\frac{1}{(1-p^2)^{N/2}\cdot f(p)}\begin{bmatrix} u_1(p), & p\,v_1(p) \\ v_2(p)/p, & u_2(p) \end{bmatrix} \tag{1}$$

但し　$f(p)=(1+p^2/\omega_1^2)(1+p^2/\omega_2^2)\cdots(1+p^2/\omega_m^2)$

u_1, u_2, v_1, v_2は偶多項式

十分条件は与えられた従続行列Fが上述の必要条件を満し，次の(i)〜(iii)を満たすことである。

(i) 実現すべき有限周波数の減衰極を$0<\omega_1\leq\omega_2\cdots\leq\omega_m<\infty$とし，また最小の並列インダクタンを先端短絡駆動点アドミタンス$y_{11}(p)$より分離したときにω'_kと一致するような$y_{11}(p)$の零点をω'_kとするとω'_kより大きくない$u_2(p)$の正実周波数の零点が$(m+k+1)$個以上存在すること。

(ii) 有限周波数の減衰極を全て分離し終へるまでは共振回路及び単位素子を分離後の$u_2(p)$, $v_1(p)$を改めてu_2, v_1と表わすと

$$\frac{u_2(1)}{v_1(1)}<\frac{u_2(0)-1}{v_1(0)} \tag{2}$$

(iii) $N\geq 2m$　(3)

第5章　高域通過形分布結合回路とその等価回路

従来より研究されている結合回路（半波長結合形，インターディジタル形，ヘアピンライン形回路）をアドミタンス行列の和の形への分解，等価変換の手法により統一的に導いている（たとえば図2(a)）。

また直流に1位，有限周波数（pに関して）に適当な個数の減衰極を有する分布結合回路として新しくヘアピンーインターディジタル混成回路を提案し，その等価回路をアドミタンス行列の和の形への分解，特性アドミタンス行列（Y_{ij}）の等価変換により導いている(図1)。また図1(c)に示す回路が合成された場合には（第4章），必らずストリップ線路状のヘアピンーインターディジタル混成回路で構成出来ることを示している。

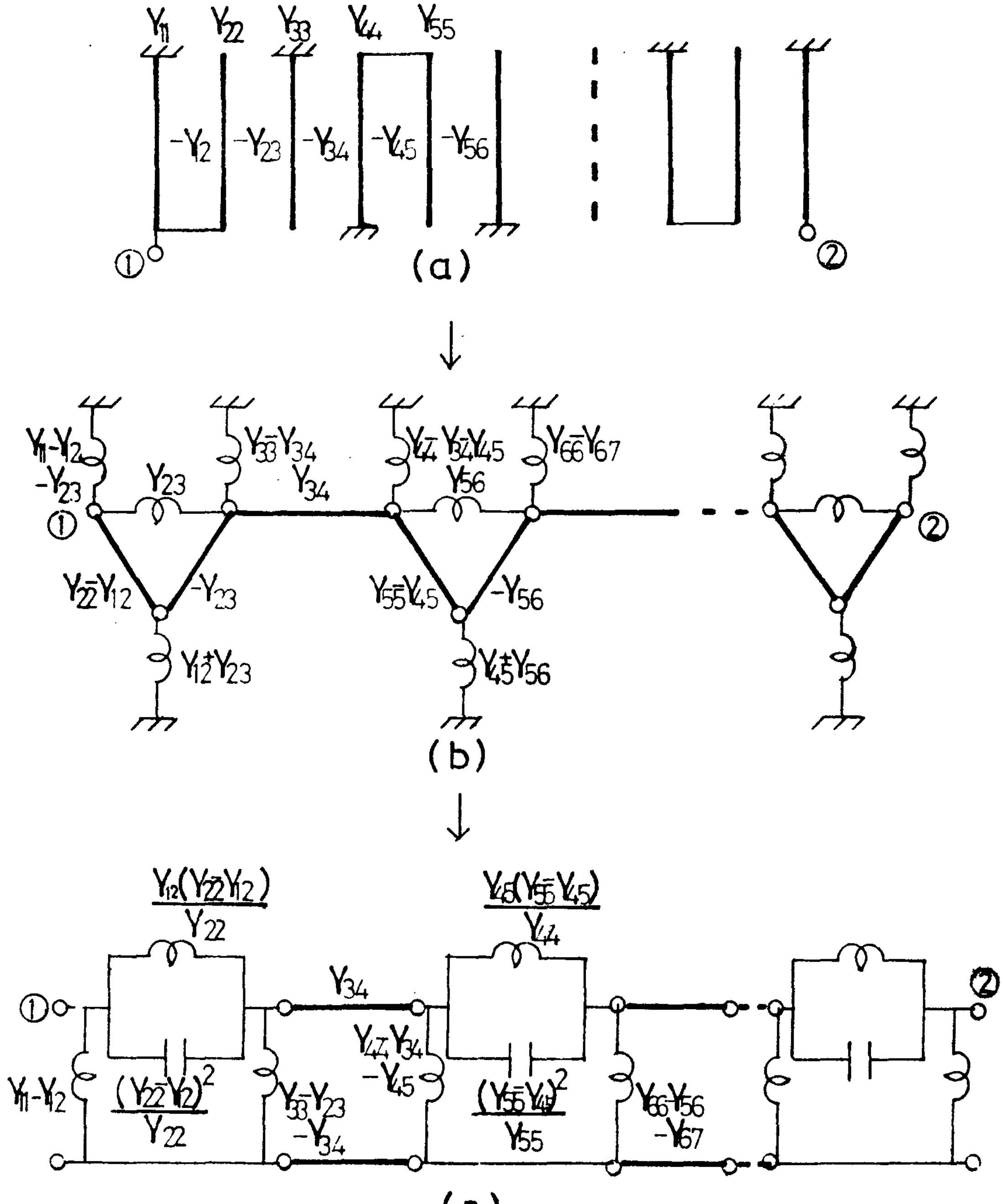


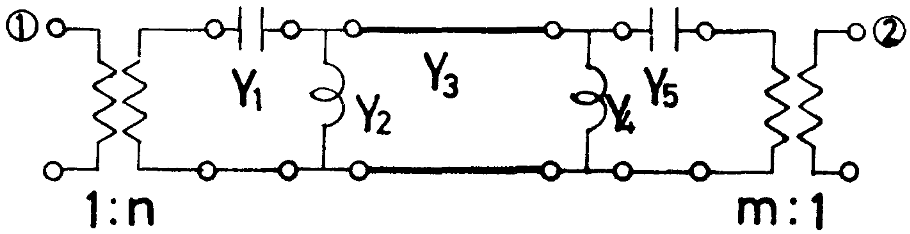
図1　ヘアピン－インターディジタル混成回路(a)とその等価回路(b)，(c)

第6章　動作減衰量に基づく設計法及び設計例

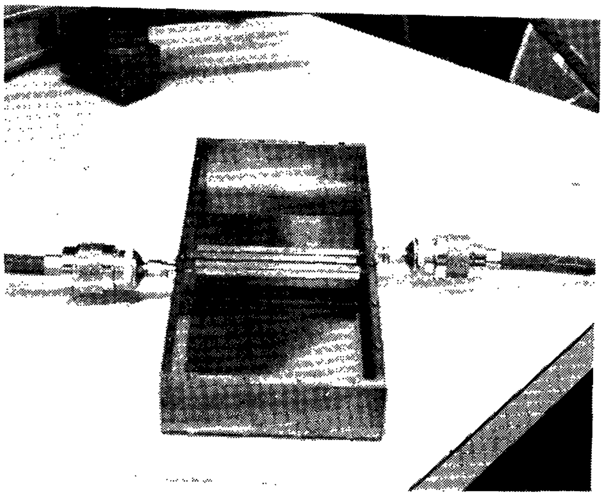
前章までの結果に基づき動作減衰量より高域通過形分布結合回路の設計法を例題により示している。

また各設計例について実験を行い良い一致を得ている。

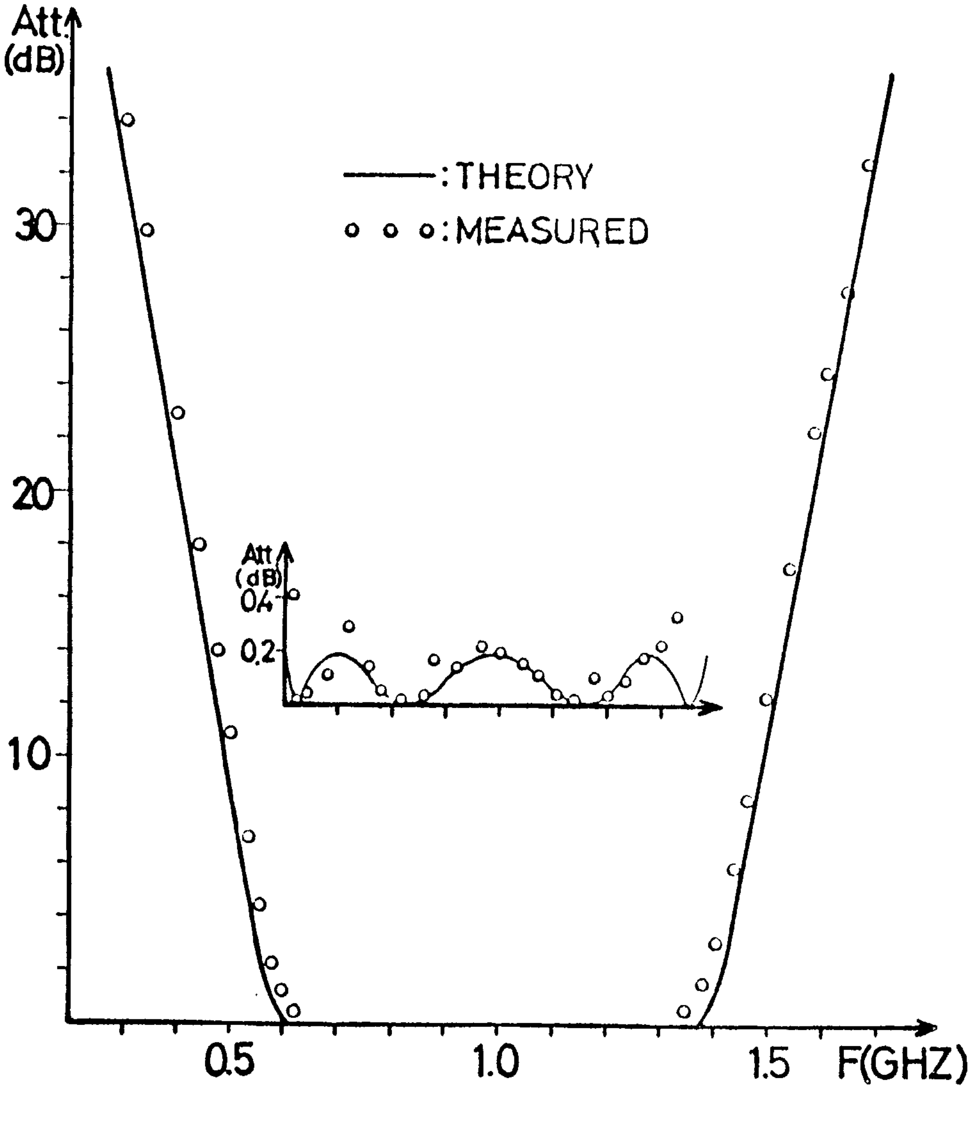
たとえば先端開放インターディジタル形回路の場合はフィルタ仕様より導体数が4と求まると等価回路は図2(a)となり，これにより特性アドミタンス行列を決定し先端開放インターディジタル形回路を得る。試作フィルタを同図(b)に，その伝送特性を同図(c)に示す。



(a)



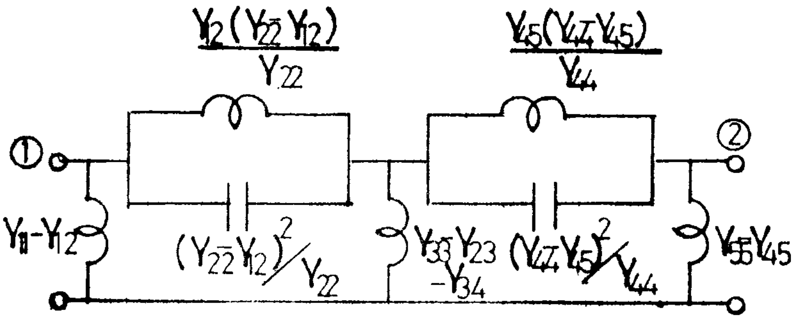
(b)



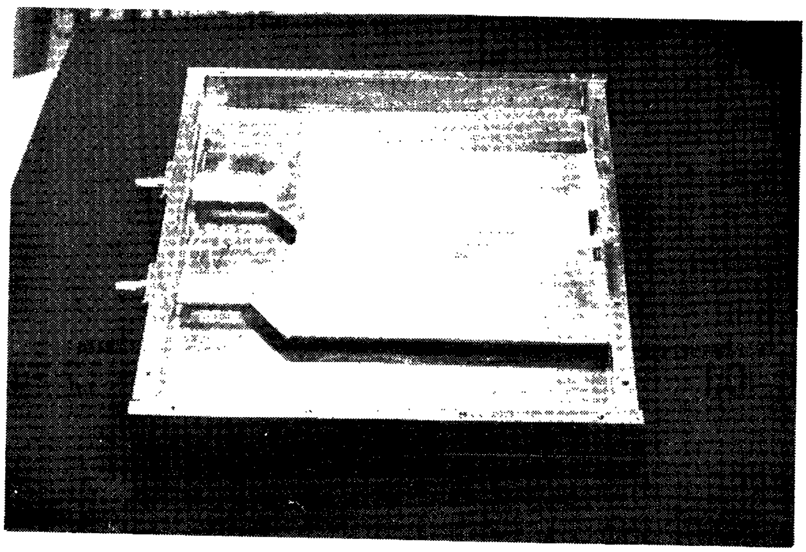
(c)

図２　先端開放インターディジタル形回路の等価回路(a)試作フィルタ(b)とその伝送特性(c)

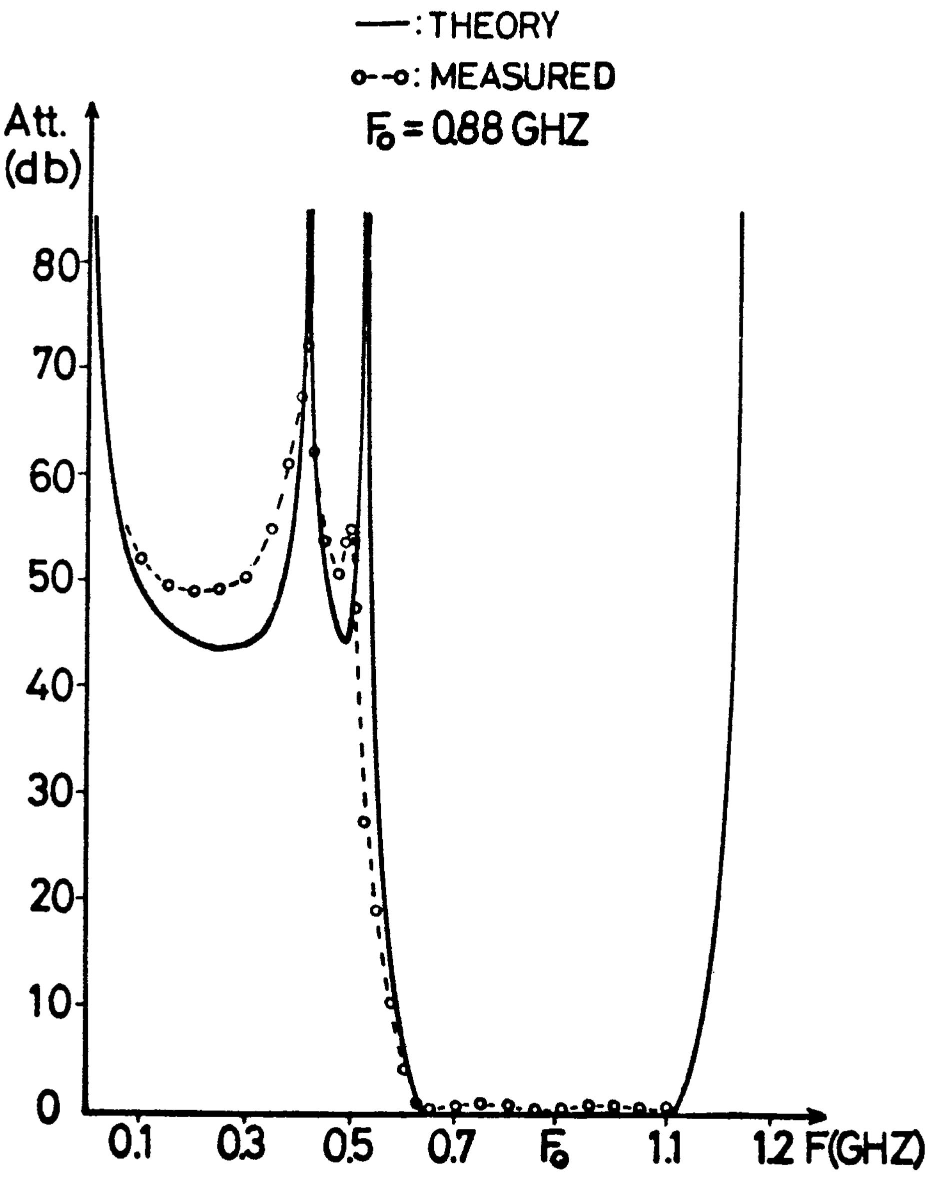
またヘアピン―インターディジタル混成回路で等価回路が単位素子を含まない場合は図 3(a)に示す回路となる。これより設計した試作フィルタを同図(b), その伝送特性を同図(c)に示す。



(a)



(b)



(c)

図 3　ヘアピン—インターディジタル混成回路の等価回路(a)試作フィルタ(b)とその伝送特性(c)

第７章　結　　　論

本研究により従来より研究されている直流に１位あるいは３位の減衰極を有する高域通過形分布結合回路の設計理論が統一的に確立された。また本論文で新しく提案したヘアピン―インターディジタル混成回路により阻止域波状特性を有する従続接続を含まない１／４波長結合回路の合成が可能となり，濾波回路として１／４波長結合回路網の体系が確立された。

審査結果の要旨

マイクロ波帯用伝送回路として分布定数回路は広く実用されている。分布定数回路理論は本邦の研究者を中心として急速に進歩したが，主題は低域通過形回路理論であり，実用度の高い高域通過形，帯域通過形回路理論は少なく，その理論の確立が要望されている。著者は分布定数回路の理論を研究し，高域通過形分布結合回路理論を確立した。本論文はそれらの成果をまとめたもので7章よりなっている。

第1章は緒論である。第2章では単純短絡枝回路について，第3章では入出力端に直列単純開放枝素子を有する単純短絡枝回路について，第4章では直流および有限周波数領域に減衰極を有する基本高域通過形分布定数回路について，それぞれのイミタンス行列，動作伝送係数の必要十分条件を明示し，動作減衰量より回路素子値を決定する合成論を確立した。これらは初めて得られた厳密な合成論である。

第5章では，第2～4章で示した基本高域通過形分布定数回路を，実用に便利な分布結合回路に等価変換を行う手法について述べている。すなわち，第2章の回路は先端短絡ヘアピンライン形回路へ，第3章の回路は先端開放インターディジタル形回路へ，また第4章の回路はヘアピンおよびインターディジタルの混合回路へそれぞれ等価変換されることを示している。

第6章では，前章までに述べたそれぞれの回路の動作減衰量による設計法および，ストリップ線路で構成した回路を試作し実験を行った結果を述べ，理論値とよく一致し，第2～4章の設計理論が正しいことを示している。

第7章は結論である。

以上要するに，本論文は高域通過形分布結合回路を構成するための必要十分条件を明らかにし，動作減衰量による設計法を確立したもので，通信工学に寄与するところが少なくない。

よって，本論文は工学博士の学位論文として合格と認める。